

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050508

International filing date: 07 February 2005 (07.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 009 614.7
Filing date: 27 February 2004 (27.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 16 February 2005 (16.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

0 8 Feb 2005

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 009 614.7

Anmeldetag: 27. Februar 2004

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellglieds

IPC: H 02 N, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellglieds

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ansteuern eines piezoelektrischen Stellglieds, insbesondere eines piezoelektrischen Aktors für ein Einspritzventil einer Brennkraftmaschine.

10

Beim Ansteuern kapazitiver Stellglieder, d. h. beim Auf- und/oder Entladen kapazitiver Stellglieder, werden an die Ansteuer-elektronik des Stellglieds erhebliche Anforderungen gestellt. So müssen dabei Spannungen im Bereich von mehreren 100 V und kurzzeitige Ströme zum Laden und Entladen von mehr als 10 A bereitgestellt werden. Die Ansteuerung erfolgt meist in Bruchteilen von Millisekunden. Gleichzeitig sollte während dieser Ansteuerphasen der Strom und die Spannung dem Stellglied kontrolliert zugeführt werden.

20

Eine Ausführungsform eines kapazitiven Stellglieds stellt ein piezoelektrischer Aktor dar, wie er zur Betätigung eines Einspritzventils Verwendung findet. Ein solches Einspritzventil wird in Brennkraftmaschinen zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum eingesetzt. Hier werden sehr hohe Anforderungen an ein exaktes und reproduzierbares Öffnen und Schließen der Ventile und damit auch an die Ansteuerung des Aktors gestellt. Um zukünftige Abgasemissionsgrenzwerte einhalten zu können, erhöht sich die Anzahl der Kraftstoffeinspritzung pro Verbrennungstakt. Dadurch werden die Einspritzzeiten und somit auch die Ansteuerzeiten für den piezoelektrischen Aktor immer kürzer, was zusätzliche Anforderungen an die Ansteuer-elektronik des Aktors stellt.

35

Bei einer bekannten Schaltungsanordnung (DE 199 44 733 A1) wird ein piezoelektrischer Aktor von einem Ladekondensator über einen Transformator geladen. Hierzu wird ein auf der

Primärseite des Transformators angeordneter Ladeschalter mit einem pulsweitenmodulierten Steuersignal angesteuert. Der Lade- und auch der Entladeschalter sind dort als steuerbare Halbleiterschalter ausgeführt. Dem piezoelektrischen Aktor werden zum Laden oder Entladen vorgegebene Energiepakete zugeführt bzw. entnommen.

Werden Energiepakete benötigt, die kleiner als die vorgegebenen Energiepakete sind, so benötigt die bekannte Schaltungsanordnung zur zeitlichen Mittelung der dem piezoelektrischen Aktor zugeführten und wieder entnommenen Energie ein stark wirksames Ausgangsfilter. Weiter werden hier identische Lade- und Entladeströme vorausgesetzt, sofern die Steuerkennlinie des Aktors keine Unstetigkeitsstellen aufweisen soll.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellglieds zu schaffen, die sich durch eine hohe Auflösung und Reproduzierbarkeit auszeichnen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Stellglied in zumindest drei Schritten mit jeweils einer vorgegebenen Zeitdauer aufgeladen. Während jeder dieser zumindest drei Zeitdauern fließt beim Aufladen des Stellglieds ein Strom in das Stellglied.

Während der ersten Zeitdauer wird eine Amplitude des Stroms von einem vorgegebenen Minimum auf ein vorgegebenes Maximum erhöht. Während der zweiten Zeitdauer wird die Amplitude des Stroms in etwa konstant gehalten. Schließlich wird während der dritten Zeitdauer die Amplitude des Stroms von einem vorgegebenen maximalen Strom auf einen ebenfalls vorgegebenen Endwert reduziert.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Steuervorrichtung und eine Endstufe auf, wobei die Endstufe über ein Steuersignal der Steuervorrichtung angesteuert wird. Die Steuervorrichtung stellt für eine erste vorgegebene Zeitdauer ein Steuersignal zur Verfügung, das während dieser ersten Zeitdauer von einem vorgegebenen Minimum auf ein vorgegebenes Maximum ansteigt. Für eine zweite vorgegebene Zeitdauer, die auf die erste Zeitdauer folgt, stellt die Steuervorrichtung ein weitestgehend konstantes Steuersignal zur Verfügung. Für eine dritte vorgegebene Zeitdauer stellt die Steuervorrichtung ein Steuersignal zur Verfügung, das sich über die dritte vorgegebene Zeitdauer von dem vorgegebenen Maximum auf einen vorgegebenen Endwert verringert.

Entsprechende Annahmen gelten auch für das Entladen eines Stellglieds. Hierbei wird während der ersten Zeitdauer ebenfalls die maximale Amplitude des Stroms von einem Minimum auf ein Maximum erhöht. Während der zweiten Zeitdauer wird die Amplitude konstant gehalten und während der dritten Zeitdauer wird die Amplitude des Stroms von einem Maximum auf einen ebenfalls vorgegebenen Endwert erniedrigt. Hierbei ist der Entladestrom so gerichtet, dass sich die im Aktor gespeicherte Energie verringert.

Durch die erfindungsgemäße Ansteuerung des Stellglieds wird ein weicher Anfangs- und Endverlauf der dem Stellglied zugeführten elektrischen Ladung erreicht. Da beispielsweise bei einem piezoelektrischen Stellglied die diesem zugeführte Ladung proportional zu dessen Wegänderung und Kraftänderung ist, wird durch eine langsame Änderung der Ladung über der Zeit im Anfangs- und Endverlaufs des Aufladens oder Entladens ein Überschwingen des Stellglieds verhindert. Hierdurch werden störende mechanische oder akustische Effekte reduziert.

Eine Steuerung des Lade- oder Entladestroms ist ausschließlich für die Zeitdauer des Ladens oder Entladens erforderlich.

- 5 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 In einer ersten bevorzugten Ausführungsform ist ein Einstellen der dem Stellglied zugeführten Ladung ohne eine Änderung der gesamten Ladezeitdauer möglich. Hier werden lediglich die Steigungen in der ersten und in der dritten Zeitdauer des Ladens bzw. Entladens verändert. Durch eine Anpassung der Steigung lässt sich die Linearität der Ansteuerung beeinflussen.

15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die dem Stellglied zugeführte Ladungsmenge durch eine Änderung der zweiten Zeitdauer variiert. Auf diese Weise kann trotz einer Quantisierung, wie sie beispielsweise durch eine getaktete Endstufe hervorgerufen wird, das Stellglied linear gesteuert werden. Die erste und/ oder dritte Zeitdauer bleibt hierbei
20 unverändert, wodurch die Abschalttrampe nur zeitlich verschoben wird und das Abschaltverhalten gleich bleibt.

25 So lässt sich ein weiter linearer Steuerbereich erzielen. Hierbei sind Änderungen von 10 bis 100 % in Bezug auf die Energie oder 20 bis 100 % in Bezug auf die Zeit möglich. Ein Linearitätsfehler kleiner 0,5 % ist so realisierbar. Unterschiedliche Lade- und Entladeströme haben keinen Einfluss auf die Linearität des Steuerverfahrens.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform hat das der Endstufe zugeführte Steuersignal einen vorbestimmten Ausgangsstrom zur Folge. Das Steuersignal lässt sich durch eine analoge oder eine digitale Schaltung erzeugen. Unabhängig von der Ansteuerung der Endstufe selbst ist so die Form des dem Stellglied
35 zugeführten Stroms einstellbar.

Vorteilhafterweise entspricht die maximale Amplitude des Stroms während der zweiten Zeitdauer und das Maximum der dritten Zeitdauer in etwa dem vorgegebenen Maximum der ersten Zeitdauer.

5

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel entspricht die Einhüllende der maximalen Amplituden über die drei vorgegebenen Zeitdauern in etwa der Form eines Trapezes.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Lade- und/ oder Entladestrom um einen intermittierenden Strom, der beispielsweise durch eine getaktete Strom- oder Spannungsquelle zur Verfügung gestellt wird.

15 Weiter kann der Strom aus einer Folge von Pulsen zusammengesetzt werden, deren maximale Amplitude jeweils auf einem für diese Zeitdauer vorgegebenen Punkt der Hüllkurve liegt.

In bevorzugter Weise eignen sich für diese Pulse Dreieckspulse.
20

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Stellglied nicht lückend angesteuert, d. h. die Amplitude des Stroms steigt nach Erreichen eines vorgegebenen
25 Minimums wieder ohne Pause an.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die schematischen Zeichnungen weiter beschrieben. Es zeigen:

30

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Verlaufs des einem Stellglied zugeführten Stroms und der daraus resultierenden Ladung des Stellglieds über der Zeit,

Figur 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines dem Stellglied zugeführten Stromverlaufs,
35

Figur 3 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellglieds,

Figur 4a ein erstes Ausführungsbeispiel einer Steuereinheit,
und
Figur 4b ein zweites Ausführungsbeispiel einer Steuereinheit.

5 Die Figuren 1 und 2 zeigen den Verlauf eines einem Stellglied zugeführten Stroms I . In Figur 1 ist zusätzlich die durch den Strom I in das Stellglied eingespeicherte Ladungsmenge Q als Funktion der Zeit t aufgetragen.

10 Bei dem Stellglied handelt es sich hier um ein kapazitives, insbesondere ein piezoelektrisches Stellglied P , wie es zum Betätigen eines Einspritzventils verwendet wird. Solche Einspritzventile finden beispielsweise bei Brennkraftmaschinen Anwendung.

15 Der obere Teil der Figur 1 zeigt den Verlauf des dem Stellglied zugeführten Stroms I . Hierbei schließen sich dreieckförmige Strompulse PU mit einer Pulsdauer T_p einander an. Die maximalen Amplituden \hat{I}_1 bis \hat{I}_n folgen hierbei einer Steuer-
20 kurve k .

Der Verlauf der Steuerkurve k entspricht hier einem Trapez. Während einer ersten Zeitdauer T_1 steigen die maximalen Amplituden \hat{I}_n des Stroms I von einem vorgegebenen Minimum \hat{I}_{minT_1} , hier 0, auf ein vorgegebenes Maximum \hat{I}_{maxT_1} an. Die-
25 ses Maximum \hat{I}_{maxT_1} wird aufgrund einer gewünschten Ladung Q des Stellglieds P am Ende der Ladephase ($T_1+T_2+T_3$) aus einem vorgegebenen Kennlinienfeld gewählt. Das Kennlinienfeld kann beispielsweise die Zuordnung verschiedener Parameter der
30 Brennkraftmaschine, wie z.B. Drehzahl und/ oder Last zur benötigten Kraftstoffmenge und somit zur gewünschten Ladung Q enthalten. Dieses Kennlinienfeld kann beispielsweise experimentell oder auch rechnerisch ermittelt werden. Die Wegänderung Δd am Stellglied P entspricht hierbei der dem Stell-
35 glied P zugeführten Ladung Q . Für die Ladung Q gilt $Q = \int I(dt)$.

Im unteren Teil der Figur 1 ist der zeitliche Verlauf der im Stellglied P eingespeicherten Ladung Q über der Zeit t aufgetragen. Während der ersten Zeitdauer T1 steigt die im Stellglied P gespeicherte Ladungsmenge Q proportional zu t^2 an.

5

Während einer zweiten Zeitdauer T2 bleibt die maximale Amplitude der Strompulse PU konstant. Es folgen hier Strompulse PU mit einer maximalen Amplitude $\hat{i}T2$ und einer Pulsbreite Tp direkt aufeinander. Hier entspricht $\hat{i}T2$ in etwa dem maximalen Strom $\hat{i}maxT1$ der Zeitdauer T1. Während dieser Zeitdauer T2 steigt die dem Stellglied P zugeführte Ladungsmenge Q proportional mit Zeit t an.

10

Im letzten Abschnitt T3 reduziert sich die Amplitude in der Strompulse PU von einem vorgegebenen Maximum $\hat{i}maxT3$ bis auf einen ebenfalls vorgegebenen Endwert $\hat{i}minT3$, hier 0. Hier entspricht $\hat{i}maxT3$ in etwa der maximalen Amplitude $\hat{i}maxT1$, die in der Zeitdauer T1 auftritt. Die dem Stellglied P zugeführte Ladungsmenge Q verhält sich während dieser Zeitdauer T3 proportional zu $(t_3 - t)^2$.

15

20

Die Zeitdauern T1 und T3 werden hier so gewählt, dass hinreichend viele Pulse PU in T1 oder T3 vorhanden sind. Dementsprechend wird eine Schaltfrequenz $f_p = \frac{1}{2Tp}$ gewählt.

25

Vorzugsweise sollten etwa 5 bis 10 Pulse innerhalb der ansteigenden bzw. abfallenden Flanke der Kurve verlaufen. Dementsprechend muss die Schaltfrequenz f_t einer das Stellglied ansteuernden Endstufe E ausgewählt werden. Durch die geeignete Wahl der Pulsbreite Tp wird eine ausreichende Mittelung der durch die Pulsbreite Tp hervorgerufenen Quantisierung ermöglicht und die Ladungsmenge über der gesamten Ladezeit $T1 + T2 + T3$ linear gesteuert.

30

Die Pulsbreite Tp kann während der Zeitdauer T1, T2 und T3 des Ansteuerns konstant bleiben.

35

Um eine lineare Steuerung der Wegänderung Δd am Stellglied P zu Erreichen, wird die dem Stellglied zugeführte Ladungsmenge hauptsächlich durch eine Änderung der zweiten Zeitdauer T2 erreicht. Hierbei wird die abfallende Rampe, die die Hüllkurve der Amplituden \hat{i} während der dritten Zeitdauer T3 bildet, zeitlich verschoben, die dritte Zeitdauer T3 bleibt unverändert.

Eine alternative Ausführungsform des das Stellglied P ansteuernden Stroms I ist in Figur 2 dargestellt. Hier wird die Pulsbreite T_p während der Zeitdauer T3 reduziert und somit die Schaltfrequenz f_t erhöht.

Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Ansteuern eines Stellglieds. Das Stellglied, hier ein piezoelektrisches Stellglied P, ist über eine Induktivität L mit einer Endstufe E verbunden. Die Endstufe E liefert einen das piezoelektrische Stellglied über die Induktivität L aufladenden Strom I. Die Endstufe E kann als herkömmlicher Schaltwandler, beispielsweise als Buck-Boost-, als Flyback-, oder als SEPIC-Konverter ausgeführt sein. Die Endstufe E liefert abhängig von einer Steuerspannung UST, die von einer Steuereinheit ST bereitgestellt wird, den das piezoelektrische Stellglied P auf- oder entladenden Strom I. Die in Figur 3 eingezeichnete Richtung des Stroms I zeigt die Stromrichtung bei einem Ladevorgang.

Figur 4a zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Steuereinheit ST. Diese weist einen Digital-Analog-Wandler, vorzugsweise einen schnellen multiplizierenden Digital-Analog-Wandler D/A1 mit einem nachgeschalteten Tiefpassfilter R1', C1' auf. Dem Digital-Analog-Wandler D/A1 wird an einem Digitaleingang Din einen Vorgabewert X zugeführt und an einem weiteren Eingang Ref eine die maximale Amplitude \hat{i}_{max} des Stroms I vorgebende Steuerspannung $U_{\hat{i}_{max}}$. Die angelegte Steuerspannung $U_{\hat{i}_{max}}$ wird dann mit dem eingestellten Digitalwert X multipliziert und am Ausgang als Steuerspannung UST ausgege-

ben, so dass der Digital-Analog-Wandler wie ein genaues digitales Potentiometer arbeitet. Sowohl der Vorgabewert X , als auch die maximale Amplitude werden von einem Mikrocontroller μC bereitgestellt. Hierbei wird die Steuerspannung U_{max} aus
 5 der digitalen Information des Mikrocontrollers μC durch einen zweiten Digital-Analog-Wandler D/A2 erzeugt. Über das aus dem Widerstand R_1' und dem Kondensator C_1' gebildete Tiefpassfilter wird das so erzeugte Steuersignal UST der Endstufe E zugeführt. So kann die Hüllkurve k vorgegeben werden, ohne dass
 10 die zeitliche Ansteuerung des Aktors P durch die Endstufe verändert wird.

Figur 4b zeigt ein Ausführungsbeispiel einer aus analogen Bauelementen aufgebauten Schaltungsanordnung zum Erzeugen des
 15 Steuersignals UST. Die dort gezeigte Schaltungsanordnung weist einen einerseits mit Masse GND verbundenen Ladekondensator C_1 auf, der andererseits über einen Spannungsbegrenzer B mit dem Ausgang UST der Schaltungsanordnung verbunden ist.

20 Der Spannungsbegrenzer B ist am nicht invertierenden Eingang + mit einer der zu begrenzenden Spannung entsprechenden Spannung $U/2$ verbunden. Der invertierende Eingang - ist mit der Masse abgewandten Seite des Kondensators C_1 verbunden. Der Ausgang UST des Spannungsbegrenzers B ist ebenfalls mit diesem Anschluss des Kondensators C_1 elektrisch verbunden. Der
 25 Kondensator C_1 ist weiter über einen Widerstand R_5 und einen Auswahlschalter S_1 (bei Schalterstellung Entladen "E") mit der Versorgungsspannung U elektrisch verbunden. In einer zweiten Schalterstellung Laden "L" des Schalters S_1 ist der
 30 Kondensator C_1 über den Widerstand R_5 mit dem Ausgang eines als invertierenden Spannungsverstärkers geschalteten Operationsverstärkers OP verbunden. Der Operationsverstärker OP ist mit seinem nicht invertierenden Eingang + mit Masse GND und mit seinem invertierenden Eingang - über einen Widerstand R_3
 35 mit der hier durch einen Spannungsteiler R_1, R_2 ($R_1=R_2$) halbierten Versorgungsspannung U verbunden. Der Ausgang des Ope-

rationsverstärkers OP ist über einen weiteren Widerstand R4 auf seinen invertierenden Eingang rückgekoppelt.

- Hier wird die Rampe des Steuersignals UST dadurch erzeugt,
- 5 dass der Kondensator C1 in der Schalterstellung L geladen und anschließend in Schalterstellung E entladen wird. Durch den Strombegrenzer B wird erreicht, dass die Entladespannung des Kondensators C1 so begrenzt wird, dass die Steuersignal UST sich im linearen Bereich der Entladespannung des Kondensators
- 10 C1 befindet. Anstelle des RC-Glieds R5, C1 kann jedoch auch ein idealer Integrator verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines Stellglieds, insbesondere eines piezoelektrischen Stellglieds, das die folgenden

5 Schritte aufweist:

- das Stellglied wird in zumindest drei Schritten mit jeweils einer vorgegebenen Zeitdauer (T_1 , T_2 , T_3) durch einen Strom (I) auf- oder entladen,

- während der ersten Zeitdauer (T_1) wird die maximale Amplitude (\hat{I}_n) des Stroms (I) von einem vorgegebenen Minimum (\hat{I}_{minT1}) auf ein vorgegebenes erstes Maximum (\hat{I}_{maxT1}) erhöht,

- während der zweiten Zeitdauer (T_2) wird die maximale Amplitude (\hat{I}_n) des Stroms (I) in etwa konstant gehalten, und

- während der dritten Zeitdauer (T_3) wird die maximale Amplitude (\hat{I}_n) des Stroms (I) von einem weiteren vorgegebenen Maximum (\hat{I}_{maxT3}) auf ein weiteres vorgegebenes Minimum (\hat{I}_{minT3}) erniedrigt.

20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Maximum (\hat{I}_{maxT1}) entsprechend einer dem Stellglied (p) zuzuführenden Ladungsmenge (Q) gewählt wird.

25 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Zeitdauer (T_2) entsprechend einer dem Stellglied (p) zuzuführenden Ladungsmenge (Q) gewählt wird.

30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Maximum (\hat{I}_{maxT1}) und/ oder die zweite Zeitdauer (T_2) in Abhängigkeit von von einer vorgegebenen Längenänderung (Δd) aus einem Kennlinienfeld ausgelesen werden.

35 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die maximalen Amplituden (\hat{I}_n) auf einer

Hüllkurve (k) liegen, die über die drei vorgegebenen Zeitdauern (T1, T2, T3) in etwa die Form eines Trapezes aufweist.

5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom (I) intermittierend ist.

10 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom (I) aus einer Folge von Pulsen (PU) zusammengesetzt wird, wobei die maximale Amplitude (\hat{I}) jeweils dem maximalen Strom des jeweiligen Pulses (PU) entspricht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulse (PU) die Form eines Dreiecks aufweisen.

15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass Amplituden (\hat{I}_n) des Stroms (I) nach Erreichen eines vorgegebenen Minimums ohne Pause ansteigen.

20 10. Vorrichtung zum Ansteuern eines Stellglieds, insbesondere eines piezoelektrischen Stellglieds, die aufweist:

- eine Endstufe (E), die einen Steuereingang (UST) aufweist, und
 - eine Steuervorrichtung (ST), die eine Steuerspannung (UST) zum Betreiben der Endstufe (E) bereitstellt, wobei das
- 25 Steuersignal (UST) während einer ersten vorgegebenen Zeitdauer (T1) von einem vorgegebenen Minimum (\hat{I}_{minT1}) auf ein vorgegebenes Maximum (\hat{I}_{maxT1}) ansteigt, während einer zweiten vorgegebenen Zeitdauer (T2) konstant bleibt und während einer dritten vorgegebenen Zeitdauer (T3) von einem vorge-
- 30 gegebenen Maximum (\hat{I}_{maxT3}) auf einen vorgegebenen Endwert (\hat{I}_{minT3}) abfällt.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellglieds

5

Ein piezoelektrischer Aktor eines Einspritzventils wird durch Vorgabe einer Steuerkurve (k), auf der die maximalen Amplituden (\hat{i}_n) des das Stellglied ansteuernden Stromes (I) liegen, angesteuert. Hierbei wird ein zu Beginn oder am Ende einer

10

Lade- oder Entladephase langsam ansteigender bzw. abfallender Ladungsverlauf und somit eine über der Zeit linear steuerbare Ladungsmenge im Stellglied erreicht. Weiter wird so ein Überspringen des Aktors verhindert.

15

Figur 1

Fig. 1

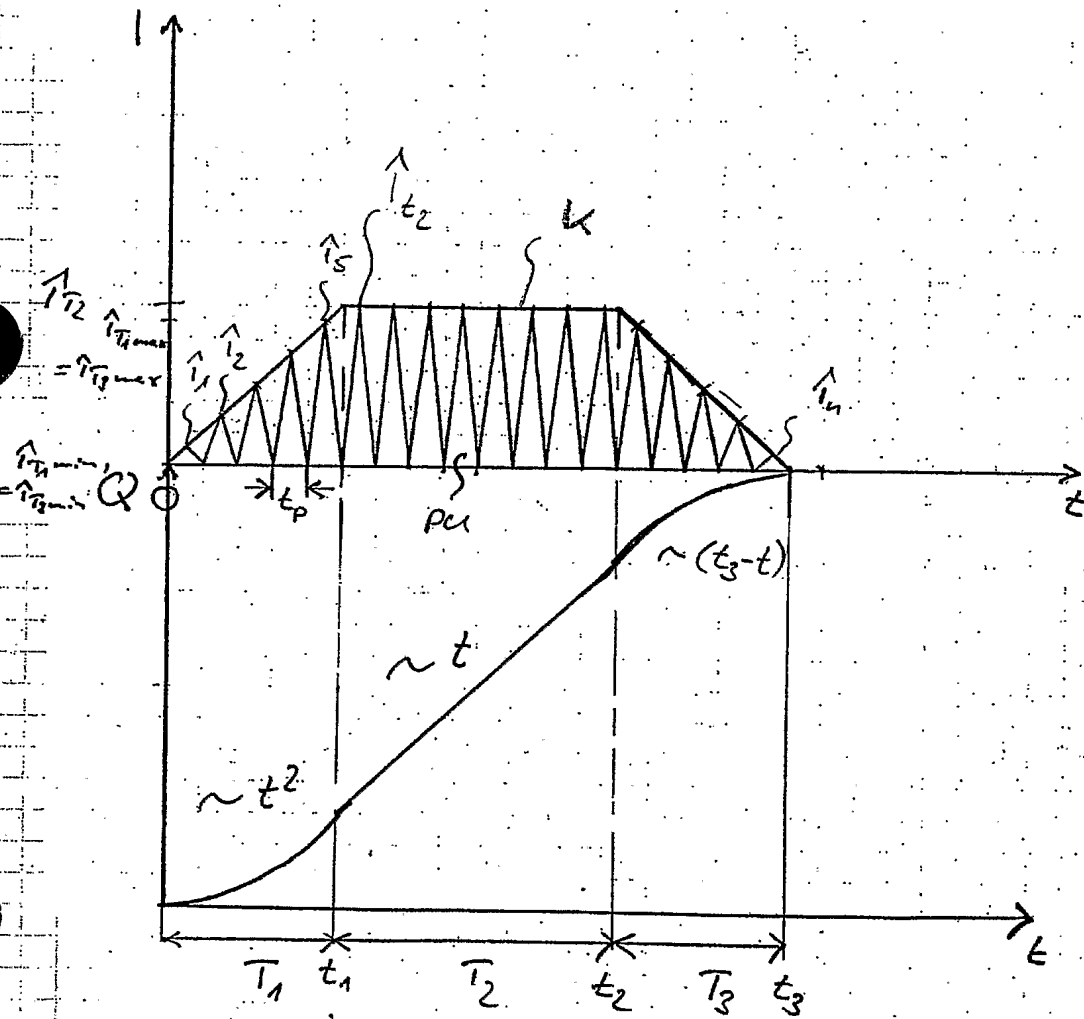


Fig. 2

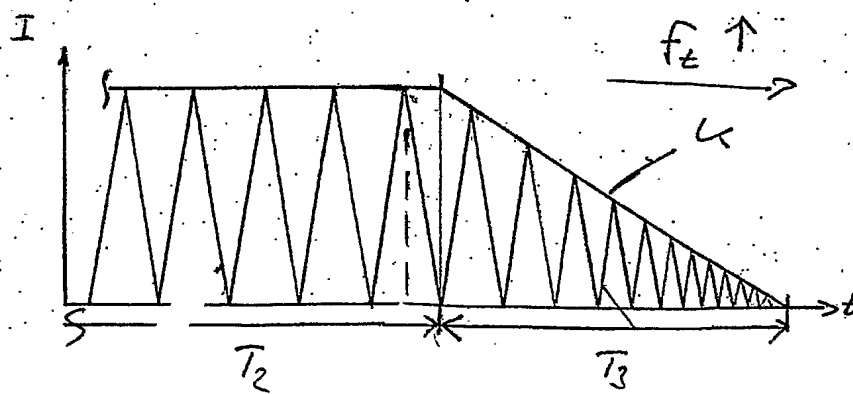


Fig. 3

2004P 00752 2/2

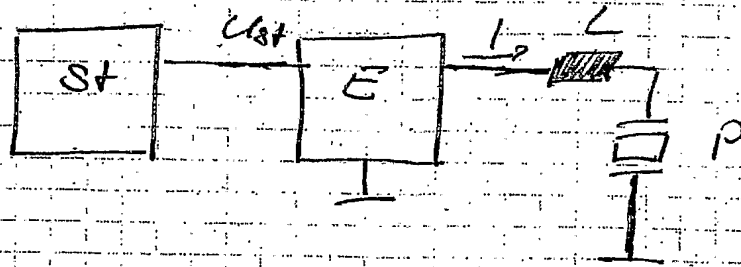


Fig. 4a

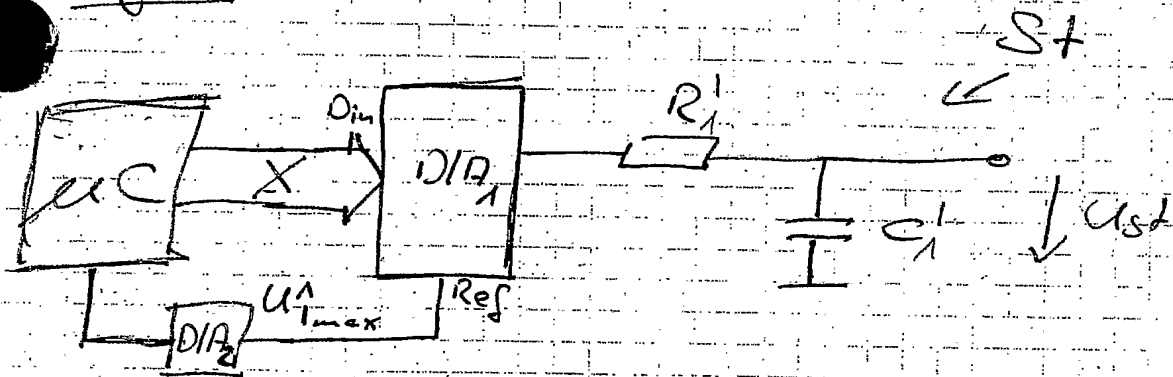


Fig. 4b

